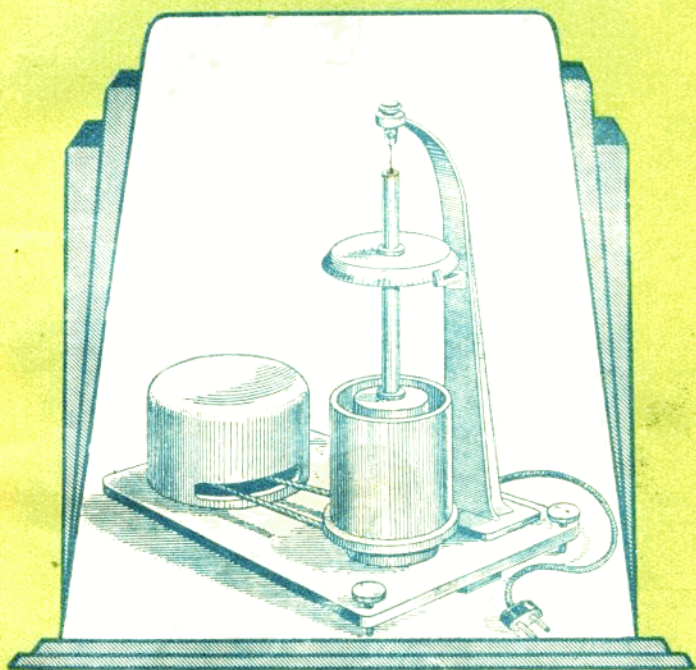


鑽井用泥漿

苏联 С.Ю.茹霍維茨基著



石油工業出版社

序 言

苏联石油开采的扩大，要求打生产井和探井的速度与鑽井数量不断地增加。

加快鑽进速度、提高鑽井質量、保証安全和降低成本，在頗大的程度上，是取决于是否能成功地掌握泥漿的使用和配制技术。

苏联的学者、工程师和鑽井革新工作者們，創造了本国的泥漿科学，拟定了泥漿的配制和使用技术以及泥漿性能的調整方法。

在苏联，对泥漿进行深入的研究，开始于P. 希申科和B. 巴克蘭諾夫合著的“泥漿水力学的理論及其实际应用”(1933年)一書。

后来，許多同志也参加了泥漿科学和技术問題的研究工作。在阿塞拜疆，曾在A. A. 李聶夫斯基、P. И. 希申科、H. A. 盧岑科、M. A. 查瓦茨基、П. З. 什魏依采尔、Д. A. 雅依奇尼科瓦婭和其他同志的参加下，解决了不少的問題(泥漿的淨化、亞硫酸鹽酒精廢液加剂和地層的隔离)。

在泥漿研究方面的巨大功績(煤碱剂、混合加剂和泥漿質量的測定方法)，应属于格罗茲內石油科学研究所的工作人員B. C. 巴藍諾夫和З. П. 布克斯。

苏联科学院也作了很多工作。在П. A. 列賓傑尔院士的领导下，在H. H. 謝尔勃謝尔宾娜婭、K. Ф. 日加奇及Л. A. 什列依涅尔的参加下，进行了一系列巨大的研究工作(泥漿稳定作用、机械結構性能和降低岩石硬度等理論)。

全苏石油科学研究所泥漿化驗室的全体人員——K. Ф. 日加

奇、Э. Г. 基斯捷尔和 Д. Е. 茲洛特尼克等，对鑽井也有很大的帮助(粘土磚和羧基甲基纖維素)。

各加盟共和国的科学院、各个研究所和中央科学研究試驗所的許多同志，都在研究泥漿問題。

石油工作者都广泛知道許多鑽井革新工作者的名字：Ш. Ш. 法特庫利耶夫、Г. Л. 馬列茨基、П. С. 烏索夫和 Н. И. 茨尤普等鑽井技师以及其他許多同志，他們以配制和使用泥漿的新方法充实了泥漿科学。

本書的任务，就是帮助鑽井工作人員掌握泥漿的使用和配制技术。

目 录

序 言

第一章 泥漿-膠体悬濁系	1
第1节 膠体溶液和悬濁体的性質	1
第2节 关于粘土和泥漿的一般概念	4
第二章 泥漿在鑽井时的功用	6
第3节 一般概念	6
第4节 泥糊井壁	6
第5节 泥漿的浮游性	9
第6节 泥漿反压力的造成及其別的功用	10
第三章 泥漿各种規格的測定	13
第7节 失水量、泥餅厚度及其膠粘性的測定	13
第8节 靜止剪力的測定	23
第9节 粘度的測定	29
第10节 比重的測定	30
第11节 穩定性的測定	32
第12节 砂粒和不能分散的物質含量的測定	33
第四章 調整泥漿性能的方法	36
第13节 調整泥漿性能的主要原理	36
第14节 增加泥漿中膠体粒子的含量	41
第15节 在沒有聚沉离子时降低泥漿的失水量	46
第16节 在含有少量鹽类时降低泥漿的失水量	56
第17节 在含有大量鹽类时降低泥漿的失水量	69
第18节 泥漿靜止剪力的調整	73
第19节 泥漿比重的調整	79
第五章 在复杂条件下鑽井用的泥漿	95
第20节 預防及处理泥漿的漏失	95

第21节	塌陷和阻塞现象的预防及其处理	110
第22节	预防气侵和油喷及其处理	115
第23节	防止水侵及其处理	124
第24节	卡钻	129
第六章	泥浆的配制、化学处理和净化的技术操作	136
第25节	配制泥浆粘土的选择和质量的评价	136
第26节	泥浆的配制	139
第27节	化学加剂的配制及其使用方法	145
第28节	清除泥浆中的钻屑	155
第29节	加重剂的重复使用	163
第30节	在复杂条件下钻进用的井场设备	164
第七章	清水钻井	167
第31节	清水钻井的原理	167
第32节	清水钻井的技术操作	168
附 录		170
参考文献		177

第一章 泥漿-膠体悬濁系

第1节 膠体溶液和悬濁体的性質

关于溶液的一般概念

我們周圍的一切物質，都是由極小的粒子——分子所組成的。

許多種物質和水相接觸時，都會分解成很多單獨的分子，並且均勻地分佈在水分子之間。

物質在水中的這種分解作用，稱為溶解。這時，有些物質溶解得較好，而另一些物質則相反。物質在水中呈單獨分子狀態分佈着的溶液，稱為真溶液。

只要在真溶液中不發生任何的化學反應，那末，在放置時，真溶液本身的性質就不會改變。

和真溶液不相同的溶液，就是在溶液中分裂的(分散的)粒子，不是由一個分子組成的，而是由數十個、數百個、數千個乃至數百萬個分子所組成的。

假如在任何一種物質(介質)中，有其他的物質以極小粒子的形式分佈着，那末，這個體系稱為分散系。

在日常生活中，我們常常遇見這類的溶液。屬於這類溶液的有：粘木膠、水明膠、溶解在水中的水彩顏料、水玻璃和牛奶等等。

分散系的特性

分散系的第一種特性，為聚集狀態。液體的分散系有三種：
1. 固體在液體中(泥漿)；2. 液體在液體中(石油在水中)；3. 氣體在液體中(氣侵泥漿)。

分散系的第二重要特性，为分散粒子的大小。粒子愈小，分散程度就愈高；粒子愈大，分散程度就愈低。

凡分散物質的粒子比分子大的溶液会迅速發生变化。有些溶液在靜置时变为軟膠，而在另一些溶液中分散的物質則会向底部沉淀。

分 散 程 度

在溶液中的物質的粒子，由于受重力的作用，会沉淀下来。沉淀的速度，是取决于物質的大小及其比重。

粒子愈小，其分散程度愈高，溶液也就愈加稳定。

实际上，大小为1—100毫微米的膠体粒子，是不会沉淀到底部的。任何液体的分子都处于連續而不規則的运动状态中。由于分子的碰撞，分散在水中的粒子，也不断地运动着。粒子愈小，其运动也就愈快。

因为这种运动是不規則的，所以这一运动就会扰动向底部下沉的粒子，并阻止它們的沉淀。

粒子表面面积的大小，是与分散程度有着密切关系的。由于物質分散程度的不同，同量的物質，有各不相同的表面面积。例如：每边長为1公分的立方体，其体积为1公分³，而表面面积則为6公分²。假如將立方体搗碎，使其每边長十万分之一公厘，那末搗碎后的所有立方体的总表面面积，將等于6,000,000公分²，或600公尺²。但是，如將所有的立方体疊在一起，其体积仍为1公分³。

体积为1公分³的諸粒子的总表面面积，称为比面。

比面的数值，仅决定于粒子的大小，而与其在溶液中的濃度無关。

含有大小为百分之一到万分之一公厘的粒子，即1公分³物質的比面不超过600,000公分²时的分散系，称为粗懸濁体。

假如这些粒子是由許多液滴組成的，那末，这种分散系称为乳濁液。

1 公分³ 物質的比面达数 百平方公尺时的分散系，則称为膠体溶液。

在所有分散粒子中，膠体溶液的粒子具有最大的比面。

分散系的稳定性

当膠体粒子被水包围时，由于分子的吸引力，靠近粒子表面的水分子就被吸引到該表面上。因而整个粒子的表面都包上了一層水分子。在这層中的吸引力是很大的，以致使分子失去运动的能力。

随着与粒子的距离的增大，水分子就逐渐地变得活动起来，而在隔粒子有一定距离的地方，水分子的运动就像它在水中的运动一样。

液体和固体的区别，就是液体的分子能往各个方向自由地移动；至于固体的分子，則几乎是不移动的。于是，就得到这样的結果：好像水是圍繞着粒子的表面固結起来似的，形成一种坚固的薄膜(好像結冰一样)。这种薄膜，就称为水化薄膜。

水化薄膜并不是經常都会形成的。水分子被吸引到物体的表面，仅仅当水分子被吸引到物体表面的吸引力大于水分子之間的吸引力时才有可能。

水分子被吸引到物質的表面上，称为潤湿作用。

水分子被吸引到物質的表面上力量愈强，潤湿作用也就愈好。

假如粒子被水潤湿得不好，那末它們就会互相粘在一起。后来的粒子，在碰撞时，又会和原先的第一批粒子粘結在一起。粘結在一起的粒子小塊将会增大，以致所有的粒子会由于受重力的作用而沉淀到底部。

当两个潤湿得很好的粒子相碰撞时，它們不是以自己的表面，而是以坚固的水化薄膜相碰撞。在各个粒子之間，包含着一層水分子。各个粒子不会一个个地粘在一起，并且由于分子运动的作用而会重新分散。

膠体粒子粘在一起，称为聚沉作用。

潤湿得很好的粒子所形成的分散系，是很稳定的。这种分散系的粒子，是以水化薄膜来保护自己不被聚沉的。

粗悬濁液和乳濁液是不稳定的分散系，膠体溶液是比較稳定的，而真溶液是完全稳定的。

分散系的稳定性，不仅取决于粒子的大小及其潤湿性。許多粒子在水中是帶有电荷的。帶有同样电荷的粒子，会互相排斥而不会粘在一起。添加由潤湿得很好的膠体粒子所組成的物質到溶液中，就可使粒子的潤湿性得到改善。潤湿性好的膠体粒子包圍着潤湿得不好的粒子，并且保护后者不会粘在一起。由潤湿得好的膠体粒子所組成的物質，称为保护膠体或称为稳定剂。

第2节 关于粘土和泥漿的一般概念

由于水、热和風对岩石作用的结果就生成了粘土。粘土的成分虽然复杂，但主要是由两种物質——氧化硅和氧化鋁所組成的。粘土是多种矿物的混合体，而其中仅有两种矿物对我们是有用的。

第一种矿物是膠嶺石。以这种矿物为主的粘土，称为膨潤土。膨潤土很少見到。

第二种矿物是高嶺石。主要由高嶺石組成的粘土，称为高嶺土。这种粘土見得很多，并被广泛用来配制泥漿。

除了上面所列举的物質以外，粘土中还含有石灰石、使粘土帶淡黄褐色的氧化鉄以及各种各样的鹽类。

在泥漿內，粒子具有不同的分散程度。就顆粒的大小來說，

膠體粒子是最小的粒子；粘土在水中的懸濁體是較粗的粒子，其大小能達 0.1 公厘以上。因此，泥漿稱為膠體懸濁系。

在膨潤土的泥漿中，膠體粒子比高嶺土泥漿中的為大。

就潤濕性來說，高嶺土是居于潤濕性好的和潤濕性不好的兩種物體之間的中間地位。膨潤土的粒子受水潤濕的情況，比高嶺土好得多。

所以，水化薄膜不足以防止粘土粒子粘在一起。既然粘土粒子能粘在一起，泥漿就不是穩定的分散系。

在天然粘土和水的相互作用的过程中，粘土內所含的氧化硅會與水中的金屬離子——鈉離子、鈣離子或鎂離子化合。粘土在水中溶解時，鈉離子能和粘土粒子少許分開。在於粘土粒子的表面上所帶的總電荷為零；粘土在水中溶解和分離出帶正電荷的離子以後，粒子的總電荷將變成負電荷。

在粘土中一般共有三種離子。

假如在粘土中的大多數離子為鈉離子，那末這種粘土稱為鈉質粘土；假如為鈣離子，則稱為鈣質粘土。鈉質粘土比鈣質粘土更少遇見，鎂質粘土則見得極少。無論膨潤土或高嶺土，都有鈉質和鈣質兩種。鈉質粘土和鈣質粘土有着顯著的區別。鈉離子容易和粘土粒子分離，並且，鈉質粘土的粒子所帶正電荷的數值，比鈣質粘土的大。所以鈉質粘土粒子的穩定性，也就比鈣質粘土的大。當加食鹽到泥漿中去時，組成鹽類的金屬離子，就作為帶正電荷的物體，去減低粘土粒子的負電荷。粘土粒子遂產生聚沉。因此，金屬離子，對粘土來說，是聚沉的離子。

第二章 泥漿在鑽井時的功用

第3节 一般概念

泥漿是一種沖洗液。泥漿由泥漿泵送入鑽桿，通過鑽頭上的水眼流到井底，然後攜帶鑽屑，並沿井壁把鑽屑帶到地面上來。泥漿須在地面進行處理（以調整泥漿的性能），並要清除鑽屑，然後重新泵入井中。泥漿的這種封閉流動，稱為循環。

泥漿在鑽井內的主要功用可歸結如下：

1. 泥糊井壁；
2. 在泥漿循環停止時，使鑽屑呈懸浮狀態；
3. 對地層施以反壓力；
4. 帶出鑽屑；
5. 沖洗井底岩石；
6. 鑽進時冷卻鑽頭；
7. 將動能從泥漿泵傳送給渦輪鑽具。

第4节 泥 糊 井 壁

泥漿的泥糊能力

井壁是由具有或多或少孔隙的岩石所構成的。

在鑽頭鑽進岩石時，能產生下面的情況。由於壓力差的作用，泥漿就流入岩石孔隙中。最粗的粘土粒子附着在井壁上，而較細的則進入地層。孔隙中的空曠的空間就要減小。此時，泥漿就會通過粘土粒子之間的間隙。結果，粒子之間的間隙就變得很小，以致在間隙里只有泥漿中的水才能通過。

水在地層中能否繼續的運動，只有根據膠體粒子的數量才能決定。

这里，会发生下面两种情况：

第一种情况（見圖 1）。膠体粒子在泥漿中的数量很多。泥漿的粒子不致粘在一起。

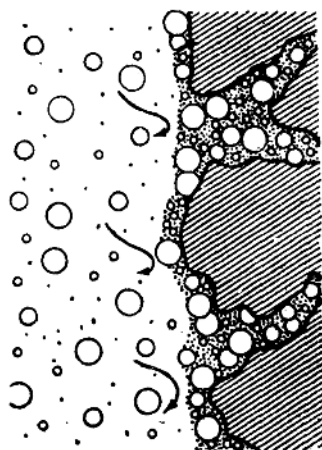


圖 1 在泥漿中膠体粒子
数量很多时泥餅的形成
白圓圈—懸濁体的粒子；黑点—膠
体粒子；陰影部分表示岩石的顆粒。

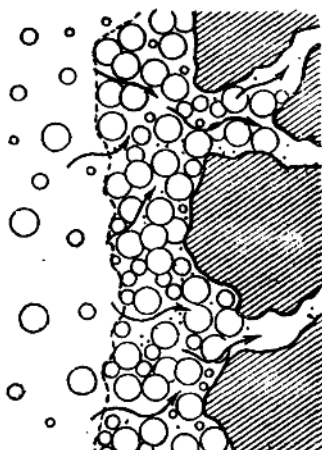


圖 2 在泥漿中膠体粒子
数量很少时泥餅的形成
白圓圈—懸濁体的粒子；黑点—膠
体粒子；陰影部分表示岩石的顆粒。

与水混合在一起的膠体粒子，能堵塞尚留在岩石孔隙中的最后的通路，因而，实际上，水已停止流进地層了。

井壁上的泥餅厚度極小。由于泥餅是由互相紧密粘附在一起的粒子所構成的，更正确地說，是由仅被水膜分开的粒子所構成的，故泥餅具有很大的坚固性。

第二种情况（見圖 2）。泥漿內膠体粒子的含量很少。

在地層孔隙內的粗粒子之間間隙中所通过的水，是几乎不携帶膠体粒子的。水不断地进入地層之中。粗粘土粒子是和水在一起流动的；这些粗粘土粒子，就附着在孔隙中的粘土粒子上。泥餅厚度于是增加，在井壁上就形成一層很厚的泥餅。由于泥餅

厚度的增加,对水的流动阻力也就会增加,从而使水的进入地層逐漸受到阻滯,但是这种阻滯比在第一种情况下要慢。

厚的泥餅是很疏松的,因为它是由各个相当粗的粘土粒子所組成的,在这种粘土粒子之間含有水分。

在所使用的泥漿中,膠体粒子的含量,可以改变成第一种或第二种情况。因此,对各种泥漿來說,可得到下面一条共同的規律:泥漿中膠体粒子愈多,流到地層內的水量就愈少,泥餅也就愈薄和愈堅固。

应当指出,假如泥漿含的膠体粒子数量很多,但它們不能很好地防止自己粘在一起,那末就会形成疏松的团塊。

当泥漿流入地層时,粘土粒子的团塊就附着在孔隙中。

由于这些团塊的松散性,泥漿中的水就繼續进入地層。在岩石表面上的团塊的数量,將不断地增加着。

于是,在井壁上,就由粘在一起的粘土粒子形成一層不断透水的厚而極松散的泥餅。

井壁上泥餅的形成过程,称为泥糊。

泥 糊 的 作 用

泥糊的作用是很大的。

薄而致密的泥餅可加固井壁,同时防止岩石塌陷。

坚固的薄泥餅不仅使泥漿中的水分不易滲出去,而且相反的会使在地層中的水、气和油不易通过泥餅进入井中。因此,这就保证了地層的相互隔絕。

使用具有很大失水量的泥漿时,就会形成厚泥餅;这种厚泥餅之所以有害,不仅仅是因为它能使許多水滲进井壁,而且还在于它会使井身的直徑縮小,因而妨碍鑽具的上下自由活动。当停鑽时,鑽桿就会貼在厚泥餅上,从而造成卡鑽事故。

在提昇鑽桿时,厚泥餅聚集在鑽桿的接头上,同时,生成一

种泥包，它会促成卡鑽事故的發生。厚泥餅也会妨碍下套管柱的工作，并且常常会使套管柱卡住。

第5节 泥漿的浮游性

泥漿的机械結構性能

粘土粒子在泥漿中呈伸長的薄片狀。薄片的中間部分，比較容易被水潤湿，特別是在使用穩定剂时更是如此；此时，薄片的頂端被水潤湿得不好，并且几乎不帶电荷。

当泥漿处于靜止状态时，粘土粒子由于受分子运动的影响就互相碰撞。粘土粒子以中央部分碰撞之后即开始分离；在以頂端碰撞时，它們就会互相粘在一起。粘結的粒子数目漸次增加，直到其中多数的粒子結合在一起时为止。于是在泥漿中形成結構，它是由互相粘結在一起的粘土粒子組成的一种篩狀構架。这种結構使泥漿具有很多的特性。

为了使泥漿中的物体流动，必須加上一定的最小的力量。能使面积为1公分²的泥漿中的平面物体开始流动的最小力量，称为靜止剪力。

測定靜止剪力是以毫克/公分²来作量度單位。

在攪拌泥漿时，粘土粒子会彼此分离，靜止剪力于是減小。

当停止攪拌泥漿时，其結構就重新恢复。

在靜止状态时，泥漿就会稠化；而在振動状态时，又重新变为稀薄，这样的能力称为触变作用；而泥漿結構恢复的速度称为触变性。

触变性愈大，攪拌泥漿时結構破坏就愈强，那末在靜止状态时結構恢复也就愈快。

泥漿的浮游性

由于泥漿具有結構，在泥漿停止流动时，鑽屑因不能克服靜

止剪力，故处于静止状态。鑽屑的粒子于是不致沉淀到井底，这样就可以防止卡鑽事故。

然而应当指出，静止剪力增加得大于所规定的数值却是有害的。泥浆泵在停止运转之后就不能泵送停留在鑽桿內的泥浆。此外，泥浆中的鑽屑也就不能清除干净。假如泥浆結構性能太高，进行井下电测工作时，就要发生困难。

被静止剪力所浮游起的鑽屑大小，可按下列公式计算：

$$d = \frac{0.006m\theta}{\gamma_2 - \gamma_1},$$

式中 d ——鑽屑的直径(公分)；

m ——以鑽屑的外形为轉移的系数(对于外形不规则的鑽屑，此系数为2)；

θ ——静止剪力(毫克/公分²)；

γ_2 ——岩石的比重(克/公分³)；

γ_1 ——泥浆的比重(克/公分³)。

足以保持鑽屑呈悬浮状态所必需的泥浆静止剪力的数值如下：泥浆静止1分鐘后测得的数值应为25—50毫克/公分²；静止10分鐘后，则应为75—150毫克/公分²。

第6节 泥浆反压力的造成及其别的功用

泥浆反压力的造成

井和地层是与连通器相类似的系统。如果泥浆柱的流体静压力大于地层压力，就会产生井壁的泥糊作用，于是井壁保持不塌；地层水和石油不会渗入井身，地层中的气体也难于溢出到井中来。

只有遵守上述条件，鑽井工作才能正常。

泥浆柱的流体静压力，是决定于井的深度和泥浆的比重。

泥浆作用于井壁的流体静压力的数值，可按下列公式计算：

$$P = \frac{H\gamma}{10} \text{ 大气压,}$$

式中 P ——压力(大气压);

H ——井的深度(公尺);

γ ——泥漿的比重(克/公分³)。

当泥漿循环时,对井底的压力会增加,其大小必須能克服泥漿从井底上升到井口的阻力。

因此,泥漿柱的流体静压力,是决定于泥漿的比重;压力的大小主要是以改变泥漿比重的数值来进行調整。

帶 出 鑽 屑

当鑽进时,鑽头在井底旋轉,可使岩石破碎。鑽屑会妨碍鑽头的繼續鑽进,因此鑽头就不再破碎岩石,而是研磨鑽屑了。此外,聚集的鑽屑还会阻碍鑽头的旋轉,同时也会塞住鑽头,因而造成卡鑽事故。

为了保证鑽头能正常工作,必須不断地清除井底的鑽屑。

清除井底的鑽屑,就是利用通过鑽头上的水眼流到井底的泥漿流来进行的。在一秒鐘內泵送到井底的泥漿愈多,則井底的鑽屑就清除得愈快,鑽进速度也就愈高。但是,在一秒鐘內泵送到井底的泥漿量,即是泥漿泵的排量。也就是說,在其他的条件相同的情况下,只要泥漿泵的排量愈高,鑽进的速度也就愈高。

当泥漿順着井壁上升时,它就携帶着鑽屑。但是,鑽屑在重力作用下,总有下列的趋势。假如泥漿上升的速度比鑽屑墜落的速度更快时,鑽屑就往上升,并被帶出地面。

为了保证很順利地携出鑽屑,在使用 12 号鑽头鑽进时,泥漿上升的速度不得小于 1.0—1.2 公尺/秒;而在使用从 14 号到 18 号鑽头鑽进时,不得小于 0.6 公尺/秒。

鑽杆的轉动也能配合帶出鑽屑。这是因为,在轉动鑽杆时,

于泥漿內形成一种能阻碍鑽屑在重力作用下墜落到井底去的渦流。

这就是为什么在提升鑽具以前必須要轉动鑽桿来进行洗井的原因。

泥漿沿井壁上升的速度，可按下列公式計算：

$$v = \frac{Q}{785(D^2 - d^2)},$$

式中 v ——泥漿上升的速度(公尺/秒)；

Q ——泥漿泵的排量(公升/秒)；

D ——鑽頭的直徑(公尺)；

d ——鑽桿的直徑(公尺)。

例題： $Q=50$ 公升/秒； $D=0.295$ 公尺(对于 12 号鑽頭)； $d=0.168$ 公尺(对于 6 $\frac{5}{8}$ '' 的鑽桿)。我們可求得：

$$v = \frac{50}{0.785(0.295^2 - 0.168^2)} = 1.09 \text{ 公尺/秒}。$$

因此，鑽頭直徑增大，那末，井眼的直徑也就增大，这就会使泥漿上升的速度減低。

冲刷井底岩石

泥漿流从鑽頭上的水眼流出后，直接到达井底。

如果使用帶有下水眼的刮刀型鑽頭(魚尾鑽頭)，泥漿流达到井底时，可以协同破碎岩石。

在使用大多数的三牙輪鑽頭时，泥漿流不会对井底产生冲击力，因为泥漿流到牙輪上时，就被冲散而不成其为流了。

冷却鑽頭

鑽頭在破碎岩石时所消耗的一部分能量变为热能，鑽頭本身也就發热。泥漿流吸收鑽頭上的热而使鑽頭冷却，同时使鑽頭在